

AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DOS PRINCIPAIS POLUENTES ATMOSFÉRICOS MONITORADOS NA REGIÃO SUL DO ESTADO DE SANTA CATARINA

EVALUATION OF THE CONCENTRATION OF MAJOR AIR POLLUTANTS MONITORED IN SOUTHERN STATE OF SANTA CATARINA

Thiago Augusto Bratti Souza¹
Paula Tramontim Pavei²

RESUMO

A necessidade de garantir a preservação da qualidade do ar atmosférico representa um papel prioritário, devido à importância que esse recurso tem em nossas vidas. A resolução CONAMA nº. 005/1989, ao instituir o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), determinou que compete aos estados o estabelecimento de Programas de Controle da Poluição do Ar. Frente a isso, a Fundação do Meio Ambiente (FATMA) em parceria com a UNESCO, monitorou a qualidade do ar nos municípios da região sul catarinense (Criciúma, Morro da Fumaça, Sangão e Tubarão), avaliando a concentração de dióxido de enxofre (SO₂), partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis (PI) e fumaça (FMC). Em função disto, analisou-se a concentração dos poluentes atmosféricos monitorados nos referidos municípios, verificando seu comportamento ao longo dos anos de 1993 e 2009. Os resultados mostram que houve ultrapassagens do padrão primário para médias diárias e anuais de PTS, SO₂ e PI, ao contrário da FMC. Foram detectados episódios agudos de poluição do ar para os parâmetros PTS e SO₂. As médias diárias possibilitaram um entendimento inicial da qualidade do ar na região, sobretudo na identificação de áreas mais críticas em relação à deterioração deste compartimento ambiental no período analisado.

Palavras-chave: Monitoramento da qualidade do ar. Região sul de Santa Catarina, Poluentes atmosféricos.

ABSTRACT:

The need to ensure the preservation of the atmospheric's air quality represents a priority role, due to the importance that this feature has on our lives. CONAMA Resolution. 005/1989, when established the Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), determined that it is up to states to establish programs of the Air Pollution Control. Faced with this, the Fundação do Meio Ambiente (FATMA) in partnership with Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), monitored the air quality in the cities of southern Santa Catarina (Criciúma, Morro da Fumaça, Sangão and Tubarão) by evaluating the concentration of sulfur dioxide (SO₂), total suspended particulates (PTS), inhalable particles (PI) and smoke (FMC). Because of this, it was

¹ Engenheiro Ambiental, e-mail: thiagobratti@hotmail.com, Criciúma, SC

² Professora do Curso de Engenharia Ambiental – UNESC, e-mail: ptp @unesc.net, Criciúma, SC

analyzed the air pollutants' concentration monitored in those counties, checking his behavior over the years from 1993 to 2009. The results shows that there has been exceeded the primary standard for daily and annual TSP, SO₂ and PI, contrary to the FMC. It were detected acute episodes of air pollution parameters for PTS and SO₂. Daily averages allowed an initial understanding of air quality in the region, especially in identifying the most critical areas in relation to the worsening of environmental compartment in the analyzed period.

Key words: Air Quality Monitoring, Southern region of Santa Catarina's, Atmospheric pollutants.

1. INTRODUÇÃO

O rápido crescimento das cidades fez com que a população aumentasse de forma significativa ao longo dos anos. Para poder suprir a necessidade desta expansão, novas atividades foram tomando espaço no mercado competidor, gerando impactos ao meio ambiente e comprometendo a qualidade dos recursos naturais, inclusive em relação à deterioração da qualidade do ar.

A região sul de Santa Catarina, cenário deste trabalho, apresenta forte industrialização em várias tipologias de atividades, que proporcionam muitos benefícios para a região, sobretudo no campo econômico. Por outro lado, também acarretam em ônus para a população e ambiente como um todo, dentre os quais se cita a emissão de poluentes na atmosfera. Para evitar os efeitos da poluição atmosférica à coletividade, as únicas formas de se ter um controle do material que está sendo emitido é quantificando, prevendo ou sabendo o quanto reduzir dessas emissões. Para isso é necessário haver um monitoramento direto através das fontes de emissão ou indireto da qualidade do ar das cidades.

Diante deste contexto, a Fundação do Meio Ambiente (FATMA) em parceria com a Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC) realizou o monitoramento da qualidade do ar na região sul do estado de Santa Catarina entre os anos de 1993 e 2009. Apesar da existência do monitoramento durante este período, não há uma análise histórica dos dados, tão pouco uma avaliação do comportamento destes poluentes na atmosfera das referidas cidades. Tais resultados poderiam subsidiar um maior entendimento da qualidade do ar na região, possibilitando a indicação de novas pesquisas e programas de monitoramento.

Desta forma, este artigo tem como objetivo geral avaliar os resultados das concentrações dos principais poluentes atmosféricos monitorados na região sul de Santa Catarina, verificando seu comportamento ao longo do período em que as amostras foram coletadas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreendida na presente pesquisa abrange os municípios de Criciúma, Morro da Fumaça, Sangão e Tubarão, todos situados no sul do estado de Santa Catarina. A escolha dos municípios se deu pela disponibilidade de amostragens e por serem os únicos municípios do estado que realizam o monitoramento da qualidade do ar, em virtude da exigência do órgão ambiental estadual.

A coleta de dados para a avaliação das concentrações de poluentes atmosféricos na região sul catarinense foi realizada, primeiramente, por meio da busca e posterior análise dos laudos técnicos de monitoramento da qualidade do ar da região, emitidos pelo Núcleo de Pesquisas Ambientais (NUPEA) e Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas (IPAT), ambas as instituições da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC).

Definiu-se como período de monitoramento alvo desta pesquisa os relatórios obtidos durante os anos de 1993 a 2009. Salienta-se que as atividades de monitoramento da qualidade do ar na região encerraram-se em 2009. Os parâmetros avaliados foram os mesmos poluentes monitorados pelo programa, sendo eles dióxido de enxofre (SO_2), partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis (PI) e fumaça (FMC), cujas coletas foram realizadas em 11 estações distribuídas entre os municípios analisados.

Os dados foram tabulados e posteriormente comparados aos limites estabelecidos pela legislação vigente, Resolução CONAMA n°. 003 de 1990, analisando-se as concentrações médias diárias, médias anuais, número de ultrapassagens destes padrões, episódios agudos de poluição do ar e análise das condições deste compartimento com base no Índice de Qualidade do Ar (IQA).

Conforme determinado pela legislação, as médias anuais de PI, FMC e SO_2 foram realizados através de cálculos numéricos baseados na média aritmética e média geométrica para PTS.

Cabe ressaltar que a interpretação de todas estas informações dependerá substancialmente da representatividade dos dados utilizados na obtenção das médias anuais. Na operação de uma rede de estações de monitoramento sempre acontecem falhas na obtenção de dados, podendo ser devido à calibração ou manutenção dos analisadores, falta de energia, entre outros motivos. Isto não significa um problema para o cálculo das médias diárias ou anuais se os valores válidos não ficarem abaixo de um limite estabelecido de representatividade.

A legislação do estado de Santa Catarina não é explícita quando se trata de representatividade de dados e a adoção desses critérios é de extrema importância para o trabalho de monitoramento da qualidade do ar. O não atendimento a este critério para uma determinada estação ou período de amostragem significa comprometimento dos resultados e falhas na interpretação dos mesmos. Por isso, é extremamente importante em análises comparativas o cuidado para não se comparar diretamente dados representativos com dados não representativos, pelo fato de a legislação ter estipulado os limites tendo como base uma amostragem representativa de forma contínua.

Como as legislações federais (CONAMA) e catarinenses (Decreto n°. 14.250/1981 – revogada e Decreto n°. 14.765/2009) não determinam qual o número mínimo de amostras para a representatividade das médias mensais e anuais, neste trabalho foi aplicada à metodologia de representatividade de dados em redes manuais de monitoramento definida pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, conforme apresentado no quadro 1.

Quadro 1 - Representatividade de dados em Rede Manual de Monitoramento da Qualidade do Ar.

Média	Indicação
Diária	Pelo menos 22 horas de amostragem
Mensal	2/3 das medias diárias validas no mês
Anual	1/2 das medias diárias válidas para os quadrimestres Janeiro - Abril, Maio - Agosto, Setembro – Dezembro.

Fonte: CETESB, 2009.

Em virtude da ausência de determinadas medições ao longo do período monitorado, alguns dados foram considerados não representativos, porém, mesmo

ocorrendo tal fato, os valores foram apresentados nos gráficos das médias anuais, tomando-se o cuidado de especificar esta informação nos resultados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Resultados de monitoramento do dióxido de enxofre (SO₂)

Dentre os poluentes monitorados na região sul de Santa Catarina, o dióxido de enxofre (SO₂) é o parâmetro que apresenta o maior número de pontos de amostragem, sendo analisado em 10 das 11 estações registradas, destacando-se também pelo número de anos monitorados.

A localização de cada estação de monitoramento do poluente e o período de amostragem está exposta na tabela 1.

Na análise dos dados disposto na tabela 1 pode-se verificar que não há monitoramento de dióxido de enxofre nos anos de 2003 e 2004. Segundo responsável pelas coletas, essa interrupção deu-se em virtude do final da validade do acordo, e que acabou se estendendo até renovação do contrato em 2005. Tal fato impossibilitou também o acompanhamento dos demais parâmetros monitorados no referido período.

Tabela 1 - Localização e período de monitoramento de SO₂ nas diferentes estações.

Estação	Localização	Período de Amostragem
1	CEIC - Boa Vista – Criciúma	1993 a 2002
2	Praça Domingos Sônego, 39 - Centro – Criciúma	1993 a 1996
3	Colégio Princesa Isabel - Centro - Morro da Fumaça	1994 e 1997
4	Rua Anita Garibaldi, 604 - Centro - Criciúma	1993
5	Rua Araranguá, 619 - Centro – Criciúma	1993
6	FATMA - Vila Moema – Tubarão	1994 e 1995
7	IPAT / UNESCO – Criciúma	1996
8	Terminal Central - Centro – Criciúma	1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009
9	SINDCER - Centro - Morro da Fumaça	2005, 2006, 2007, 2008, 2009
10	Rua Manoel Silvano, 834 - Morro Grande – Sangão	2006 e 2007

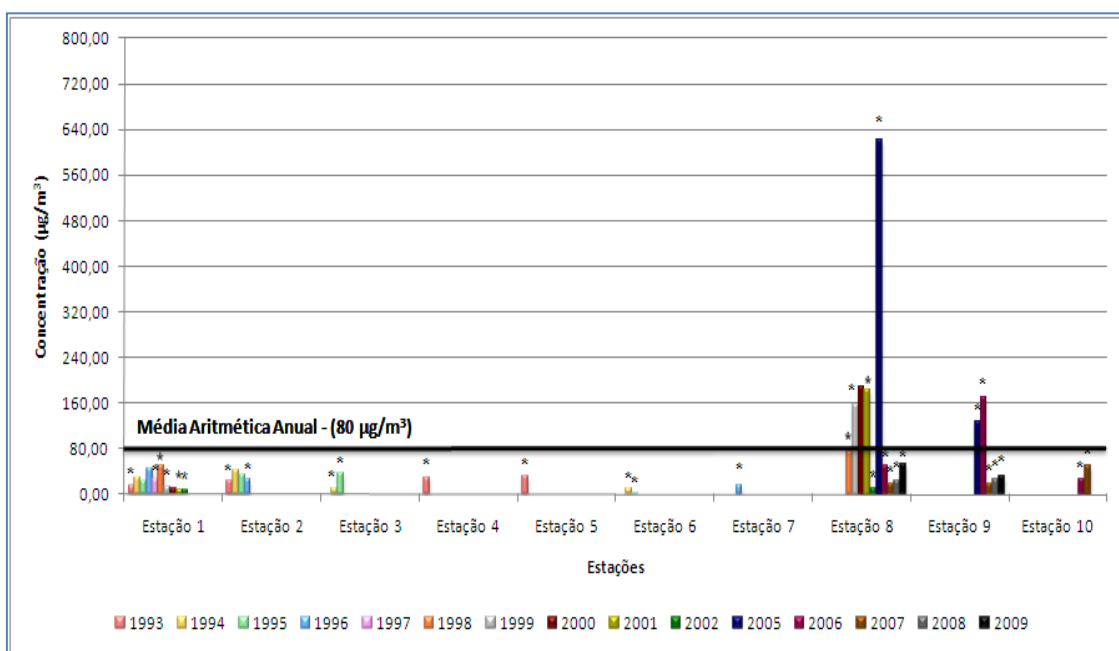


Figura 1 - Concentrações médias anuais de SO₂ para as estações monitoradas na região sul de Santa Catarina entre os anos de 1993 e 2009.

As concentrações médias anuais de SO₂ de 1993 a 2002 e 2005 a 2009 estão representadas na figura 1. Ressalta-se que o uso do símbolo (*) indica a não representatividade dos dados, em virtude das médias diárias insuficientes no referido ano.

Analisando os resultados de SO₂ nos períodos monitorados, verificou-se que as estações 1 a 7 e estação 10 não ultrapassaram 51,31µg/m³, o que representa concentrações médias anuais abaixo do padrão estabelecido na Resolução CONAMA n°. 003/90, que equivale a 80µg/m³.

Dentre estas estações cabe ressaltar o caso da estação 1, localizada no Centro Educacional Infantil de Criciúma (CEIC) do Bairro Boa Vista. Em função da ocorrência de dez anos consecutivos de monitoramento, o que não se repetiu nos demais locais amostrados, buscou-se verificar se a existência de um comportamento similar ao longo dos anos, sobretudo comparando a variação climática decorrente das diferentes estações do ano e sua influência na presença deste poluente na atmosfera. Porém, ao analisar os laudos técnicos emitidos pela UNESCO, verificamos que os dados não seguem um comportamento padrão, impossibilitando tal relação.

Nas estações 8 e 9 observou-se em alguns períodos a extrapolação do limite médio anual para tal poluente. Dessa forma verifica-se que as médias anuais não apresentam representatividade dos dados, em virtude da não conformidade da média anual com a legislação. Porém, ressalta-se que as concentrações médias diárias podem ser analisadas representativamente.

A primeira estação que apresentou irregularidade quando comparada ao padrão anual é Estação 8. Tal ponto de coleta situa-se no abrigo de acesso subterrâneo do Terminal Central, no município de Criciúma, área central da cidade, na Avenida Centenário. O local é caracterizado por um intenso fluxo de veículos, incluindo o tráfego de ônibus que partem do terminal central para as demais localidades do município.

Nesta estação, o dióxido de enxofre apresentou quatro ultrapassagens ao longo do período monitorado. Como a resolução CONAMA n°. 003 de 28 de junho de 1990 admite apenas uma ultrapassagem do limite diário ao ano, isso caracteriza uma não conformidade.

De acordo com o IQA, nos dias em que se verifica as duas ultrapassagens do padrão diário, a qualidade do ar é classificada como inadequada. Essas altas concentrações podem trazer diversos danos tanto à saúde, quanto ao ambiente em geral (BRANCO e MURGEL, 2005).

Analisando-se as médias diárias, de forma geral, na Estação 8 verifica-se que o comportamento do dióxido de enxofre ao longo dos dez anos monitorados foi bastante oscilante, apresentando picos desconformes com a lei. A maioria das médias manteve-se acima de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que ao relacionar com o IQA a qualidade do ar na maioria dos anos manteve-se regular. Tal fato pode estar relacionado com o intenso tráfego de veículos automotores nas proximidades, visto que a presença do dióxido de enxofre na atmosfera, segundo Alexandre et al (1995); Zurita e Tolfo (2000) e Braga et al (2002), provém de reações tomando como base a queima de combustíveis que contenham enxofre em sua cadeia atômica, como os combustíveis derivados do petróleo (gasolina, óleos combustíveis de alto teor de enxofre e carvão mineral).

A segunda estação que apresentou ultrapassagens dos padrões primários de médias anuais estabelecido pelo CONAMA é a Estação 9. A mesma encontra-se localizada no Sindicato da Indústria de Cerâmica Vermelha (SINDICER), na Avenida Celeste Recco, nº 414, centro do município de Morro da Fumaça. Tal região é caracterizada por apresentar uma forte economia voltada para a indústria de cerâmica vermelha (olarias) (MORRO DA FUMAÇA, 2010). Essa região foi escolhida para ser monitorada, não apenas pela caracterização das atividades econômicas na região, mas também pelo número de reclamações da comunidade junto a Fundação do Meio Ambiente (FATMA).

A partir da resolução 003/90 do CONAMA, foram estabelecidos Níveis de Qualidade do Ar para elaboração do Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar. Esses níveis foram criados visando providências dos governos de Estado e dos Municípios, assim como de entidades privadas e comunidade geral, com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde da população (BRASIL, 1990, p.4).

Além das não conformidades com a Resolução CONAMA nº. 003 de 28 de junho de 1990, a maior preocupação com o nível da poluição esta relacionada à exposição da população a esses altos níveis de concentração de dióxido de enxofre.

De acordo com o IQA, quando uma concentração diária apresentar valor superior a $800\mu\text{g}/\text{m}^3$, verifica-se uma má condição da qualidade do ar. Esse caso pode ser verificado na concentração obtida no dia 06 de fevereiro de 2006. Essa condição pode gerar consequências a saúde de toda a população, agravando os sintomas de tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Para a população de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos ainda mais graves à saúde (AIRNOW, 2010).

Segundo Derísio (2000), na saúde humana este composto se fixa nas paredes do aparelho respiratório, e quando adsorvido a partículas menores pode penetrar mais fundo nos pulmões danificando fortemente os tecidos, podendo agravar doenças respiratórias pré-existentes ou ainda contribuir para seu desenvolvimento. Ainda, conforme Zurita e Tolfo (2000), além dos efeitos diretos a população, a presença de SO_2

na atmosfera pode gerar o aparecimento de outras substâncias ainda mais tóxicas como o ácido sulfúrico (H_2SO_4), proporcionando a geração da chuva ácida.

Além disso, segundo Resolução CONAMA nº. 003/1990, na ocorrência de um episódio agudo de poluição atmosférica, com a ultrapassagem do limite de $800 \mu g/m^3$ na média diária, é acionado o nível de atenção para a qualidade do ar. Neste caso, devem-se tomar providências para que os níveis de atenção não atinjam níveis ainda mais graves, como de alerta e até mesmo emergência. A resolução vigente diz ainda que durante a permanência dos níveis acima referidos, as fontes de poluição do ar ficarão na área atingida sujeitas às restrições previamente estabelecidas pelo órgão de controle ambiental (BRASIL 1990).

O município de Morro da Fumaça foi a região, cujo resultado de monitoramento, apresentou maior número ultrapassagens do padrão primário para as concentrações médias diárias de SO_2 , além de ter atingido níveis críticos de deterioração da qualidade do ar, incluindo um episódio agudo na concentração deste parâmetro. Isso comprova que as reclamações da comunidade junto ao órgão fiscalizador têm fundamento. A partir do ano de 2006, observou-se um considerável decréscimo nas concentrações de SO_2 , porém para verificar a permanência de tais resultados, devem-se dar continuidade o monitoramento da qualidade do ar, evitando futuros riscos à população e ambiente em geral.

De uma forma geral, o estudo da presença de SO_2 na atmosfera da região sul catarinense mostrou estar, na maioria das estações, dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente. Porém, a falta de representatividade dos dados não nos permite ter uma posição concreta sobre o comportamento do referido poluente, possibilitando somente a definição de estimativas da degradação da qualidade do ar nas áreas monitoradas. Baseado nisso, verifica-se que as regiões centrais de Morro da Fumaça e Criciúma são as mais comprometidas em relação à presença de dióxido de enxofre na atmosfera.

3.2 Resultados de monitoramento de partículas totais em suspensão - PTS

As partículas totais em suspensão, segundo Braga et al (2002) são as partículas de material sólido e líquido capazes de permanecer em suspensão. Esses contaminantes podem ter origem nos processos de combustão como é o caso da fuligem e partículas de óleo, ou então ocorrem devido a fenômenos naturais, como pólen ou poeira.

O monitoramento de partículas totais em suspensão - PTS foi realizado em nove estações de diferentes localidades da região. O período de monitoramento do parâmetro em cada estação, bem como localização das mesmas são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Localização e período de funcionamento das estações de monitoramento de partículas totais em suspensão - PTS.

Estação	Localização	Período amostrado
1	CEIC - Boa Vista – Criciúma	1993 a 2002
2	Praça Domingos Sônego, 39 - Centro – Criciúma	1993 a 1996
3	Colégio Princesa Isabel - Centro - Morro da Fumaça	1993, 1994, 1996, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002
4	Rua Anita Garibaldi, 604 - Centro – Criciúma	1993
5	Rua Araranguá, 619 - Centro - Criciúma	1993
6	FATMA - Vila Moema – Tubarão	1994 e 1995
9	SINDCER - Centro - Morro da Fumaça	2005, 2006, 2007
10	Rua Manoel Silvano, 834 - Morro Grande – Sangão	2007
11	4 Linha – Criciúma	2009

Ao analisar a tabela 2, verifica-se que dentre todas as estações monitoradas, desde o início do acordo entre a Fundação do Meio Ambiente (FATMA) e a Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), apenas no ano de 2008 não foi realizado o monitoramento deste parâmetro, salvo os anos que o acordo não foi renovado (2003 e 2004).

O gráfico com as médias anuais da concentração de PTS durante o período de amostragem em todas as estações pode ser observado na figura 2.

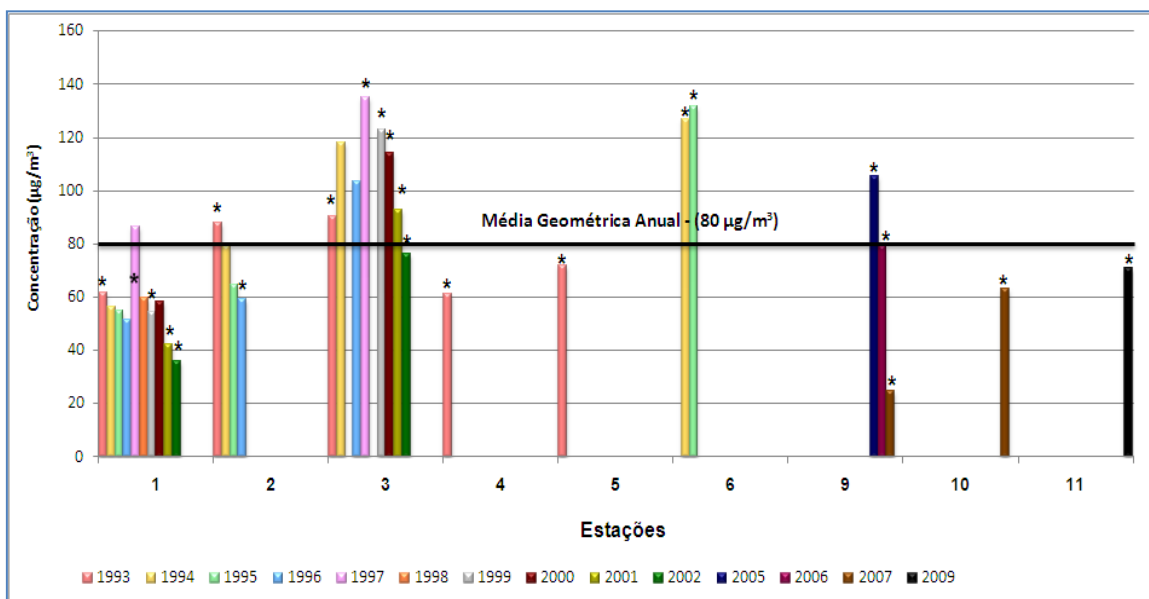


Figura 2 - Concentrações médias anuais de PTS para as estações monitoradas na região sul de Santa Catarina, entre os anos de 1993 e 2009.

A partir da análise da figura 2 verifica-se que houve casos de ultrapassagem do padrão anual, estabelecido pela resolução CONAMA n°. 003 de 28 de junho de 1990, para as estações 1, 2, 3, 6 e 9. Além das ultrapassagens o gráfico mostra que dentre os anos monitorados alguns deles não apresentam representatividade dos dados.

Constata-se ainda que as estações 4, 5, 10 e 11 apresentaram médias anuais abaixo do padrão estipulado pela legislação vigente que é de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cada uma dessas estações apresenta apenas um ano de monitoramento, tornando dificultoso o trabalho de análise do poluente quando se trata de um estudo de comportamento em um longo período de tempo, como é o caso deste trabalho. Dessa forma, não se pode ter uma análise completa do comportamento do poluente naquela estação com o passar dos anos. Diferentemente das estações 1 e 2 que apresentaram os maiores números de amostragens para este parâmetro em anos distintos.

O primeiro caso onde se verifica ultrapassagens do padrão primário para concentrações médias anuais de partículas totais em suspensão é na Estação 1, localizada no CEIC do bairro Boa Vista. A seleção desta área para o monitoramento da qualidade do ar se deu em virtude das altas concentrações detectadas no projeto ECP em

1982, sendo que a mesma abrangia grande quantidade de depósitos de rejeito de mineração de carvão, dispostos a céu aberto.

Esta área posteriormente foi recuperada e instalou-se o Centro de Educação Infantil de Criciúma (CEIC), visando o controle da qualidade do ar para as crianças que frequentavam o centro.

Observa-se nesta estação que o PTS manteve-se dentro do limite anual para a maioria dos anos amostrados, apresentando uma média abaixo do padrão primário das concentrações médias anuais estabelecido pela CONAMA 003/90 ($80\mu\text{g}/\text{m}^3$). O único ano que apresentou ultrapassagem do limite anual foi em 1997.

Ao analisar as concentrações contidas nos laudos técnicos para essa estação, foi detectado que o PTS não apresentou nenhuma ultrapassagem do padrão primário para concentrações médias diárias. Logo, pode-se dizer que de forma geral a qualidade do ar na estação 1 é regular, já que em linhas de CETESB (2010) para efeito de divulgação utiliza-se o índice mais elevado, isto é, a qualidade do ar de uma estação é determinada pelo pior caso.

O local onde foi verificado o maior número de ultrapassagens do padrão primário das concentrações médias anuais de PTS é a estação de número 3, que estava localizada no Colégio Princesa Isabel no município de Morro da Fumaça, a mesma ocorreu até o ano de 2002. Entre os anos de 2005 e 2007, a estação foi localizada sobre o Sindicato das Indústrias da Cerâmica Vermelha (SINDCER) (Estação 9), localizado em frente ao Colégio Princesa Isabel.

A área onde foi instalada a estação adveio do número de reclamações referentes à poluição atmosféricas, que eram apresentadas pelos moradores da região junto a FATMA. O município de Morro da Fumaça, conforme apresentado anteriormente, tem sua economia principal voltada à cerâmica vermelha, uma atividade com potencial poluidor do ar, caracterizada pela emissão de material particulado.

Verifica-se que o município, quando comparado aos demais pontos de amostragem, apresentou o maior número de ultrapassagens do padrão primário das concentrações médias anuais, sendo que apenas os anos de 2002, 2006 e 2007 denotam conformidade com os limites de emissões propostos pela legislação vigente.

Em 17 de junho de 2004, foi assinado um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) entre o Ministério Público de Santa Catarina, os sindicatos e a cooperativa que representam as 350 olarias e fábricas de cerâmica localizadas na região. Dentre seus objetivos, cita-se o controle das emissões atmosféricas, em função das inversões térmicas que ocorrem principalmente em épocas de inverno na região de maior influência, com conseqüências danosas à saúde da população local (SANTA CATARINA, 2010).

A última estação a apresentar média anual acima dos padrões estabelecidos é a número 6, localizada nas dependências da Fundação do Meio Ambiente em Tubarão, no bairro Vila Moema. Esta região foi monitorada, principalmente em função da presença de uma termelétrica a base de carvão mineral situada nas proximidades.

A estação era operada pelos próprios técnicos da FATMA. Os dados e filtros eram encaminhados para o laboratório de análises químicas da UNESC, onde eram posteriormente elaborados os laudos técnicos. A estação esteve operante somente nos anos de 1994 e 1995, onde ambos apresentaram desconformidade do padrão anual para PTS. As médias para os referidos anos foram de $126,77\mu\text{g}/\text{m}^3$ e $131,87\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Sendo que o limite máximo para o padrão primário em se tratando de concentrações médias anuais é de $80\mu\text{g}/\text{m}^3$, desta forma verificamos não conformidade para os referidos ano.

De uma visão mais ampla, verifica-se que o PTS apresentou ultrapassagens do padrão anual em 5 das 9 estações monitoradas e que os casos onde há maior preocupação são os municípios de Morro da Fumaça onde apresentou o maior número de ultrapassagens anuais, e a Vila Moema em Tubarão que apresentou piores concentrações de poluente incidindo em nível de alerta para episódios agudos de poluição do ar.

3.3 Resultados de monitoramento de partículas inaláveis – PI

As partículas inaláveis (PIs) são uma fração das partículas totais em suspensão que apresentam granulometria menor que $10\mu\text{m}$ (ROCHA, ROSA e CARDOSO, 2004). Esse tipo de poluente merece uma maior atenção, visto que ao ser inalado pode atingir o

aparelho respiratório inferior, e assim permanecer nos pulmões, ficando retidas nos alvéolos pulmonares. Tais partículas associadas a determinadas substâncias minerais ou compostos orgânicos, podem apresentar propriedades tóxicas e cancerígenas, provocando danos à saúde (ALEXANDRE et al, 1995; DERÍSIO, 2000).

A gravidade que esse poluente pode trazer diretamente à saúde humana faz com que seja extremamente importante o seu monitoramento. Dessa forma as PIs foram monitoradas em 3 (três) estações ao longo dos 16 (dezesesseis) anos, duas em Morro da Fumaça em datas diferentes e uma em Sangão, conforme tabela 3.

Tabela 3 - Localização e período de funcionamento das estações de monitoramento de partículas inaláveis - PI.

Estação	Localização	Período Amostrado
3	Colégio Princesa Isabel - Centro - Morro da Fumaça	2001, 2002
9	SINDCER - Centro - Morro da Fumaça	2009
10	Rua Manoel Silvano, 834 - Morro Grande - Sangão	2006, 2007 e 2008

Verifica-se que o monitoramento de PI é mais recente, quando comparado aos demais parâmetros como SO₂ e PTS, cujo início das análises ocorreu em 1993.

A resolução CONAMA nº. 003 de 28 de junho de 1990 definiu como padrão de emissão para as partículas inaláveis o limite de 50µg/m³ para média anual e 150µg/m³ para média diária. Para avaliar a extrapolação de tais padrões, o as médias aritméticas anuais do parâmetro estão representadas na figura 3.

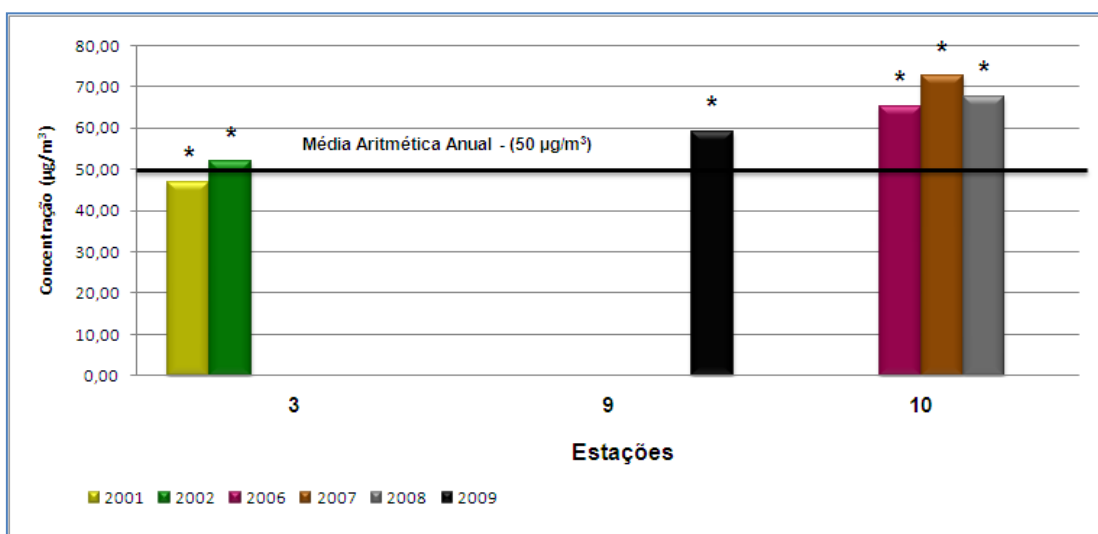


Figura 3 – Concentrações médias anuais de PI para as estações monitoradas na região sul de Santa Catarina entre os anos de 2001 e 2009

Da mesma forma que na análise de PTS, para as partículas inaláveis, as estações 3 (Colégio Estadual Princesa Isabel) e 9 (Sindicer) monitoravam a mesma região do município de Morro da Fumaça, no entanto, em períodos distintos. Para essas estações, verifica-se que há um ano em conformidade com o padrão primário das concentrações médias anuais (2001) e dois anos onde foi detectado ultrapassagem do referido padrão (2002 e 2009).

Para o ano de 2002, verificou-se a ultrapassagem do padrão anual na estação, porém, os laudos indicam que foram feitas apenas 3 amostragens durante todo o ano. As concentrações diárias apresentaram valores abaixo do padrão primário para concentrações médias diárias, verificadas entre $43,34\mu\text{g}/\text{m}^3$ e $177,67\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na estação 9, verificou-se monitoramento de partículas inaláveis apenas no ano de 2009, ocorrendo outra não representatividade de dados.

A ultrapassagem anual das concentrações nesse ano de 2009 decorrentes da maioria das concentrações diárias estarem acima do padrão anual. Analisando os laudos técnicos verificamos que dentre as 17 amostras coletadas no ano de 2009, houve predominância das concentrações regulares sobre as boas. Neste caso, as concentrações regulares prevaleceram em 76,5% sobre as 17 amostras obtidas no ano.

Não de forma diferente, a estação 10, localizada na localidade de Morro Grande, município de Sangão, também apresenta não representatividade de dados em todos os

anos amostrados, 2006, 2007 e 2008. Assim como Morro da Fumaça, a região é caracterizada principalmente pelo número significativo de olarias instaladas nas cercanias, que em suas atividades produtivas acabam gerando poluentes na atmosfera.

No ano de 2006 o monitoramento ocorreu entre agosto e outubro, totalizando 11 amostras para o ano. A concentração maior obtida foi de $144,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$, porém não há representatividade para essa amostragem em virtude de ela ter sido feita com apenas 18,85 horas. As demais médias diárias foram inferiores a $110,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Em relação ao IQA, os laudos técnicos indicam que há predominância de concentrações regulares em 63,7% (7) e boas em 36,3% (4) das amostras.

Dentre as poucas amostragens obtidas para as partículas inaláveis, pode-se perceber que em todas as estações monitoradas há predominância de concentrações acima de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, apesar de não apresentarem ultrapassagens do padrão primário das concentrações médias diárias. Assim como nos outros parâmetros, uma melhor análise do poluente depende do número e continuidade nas amostragens. Desta forma, a pouca representatividade dificulta o entendimento comportamento do poluente no meio atmosférico.

3.4 Resultados de monitoramento de fumaça - FMC

A fumaça (FMC) está associada ao PTS, presentes na atmosfera, que são provenientes dos processos de combustão (CETESB, 2010). A medição deste parâmetro adquire importância de destaque, uma vez que este tipo de material possui características mutagênicas, conforme estudos realizados pela CETESB.

O monitoramento da fumaça ocorreu em apenas duas estações, compreendendo os anos de 1996 a 2002, com exceção do ano de 1997 que não houve monitoramento desse parâmetro em nenhuma estação. O parâmetro foi analisado em duas estações apenas, ambas na cidade de Criciúma. As localizações e respectivos períodos de monitoramento de cada estação seguem conforme tabela 4.

Tabela 4 - Localização e período de funcionamento das estações de monitoramento de fumaça - FMC.

Estação	Localização	Período de Funcionamento
7	IPAT / UNESC	1996
8	Terminal Central - Centro Criciúma	1998, 1999, 2000, 2001, 2002

A Estação 7 estava localizava-se no Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas (IPAT) da UNESCO. A estação foi instalada em 1996 nesse local provisoriamente, para iniciar o manuseio do aparelho, bem como calibração do mesmo. Seu período de funcionamento ocorreu à partir do segundo semestre do ano e esteve ativada até dezembro do ano em questão.

Depois disso a estação permaneceu desativada durante um ano e só voltou a funcionar em nova localidade em fevereiro de 2008. O novo local de monitoramento foi instalado no abrigo de acesso subterrâneo do Terminal Central, centro de Criciúma, a Estação 8, como já comentado anteriormente, esta inserida numa área que é caracterizada por um intenso fluxo de veículos automotores, justificando a necessidade de monitorar a quantidade fumaça emitida das fontes móveis.

Os estudos realizados pela UNESCO permitiram conhecer as concentrações deste poluente na atmosfera e a partir dessas, chegar a médias anuais para ambas as estações, as quais estão representadas na figura 4.

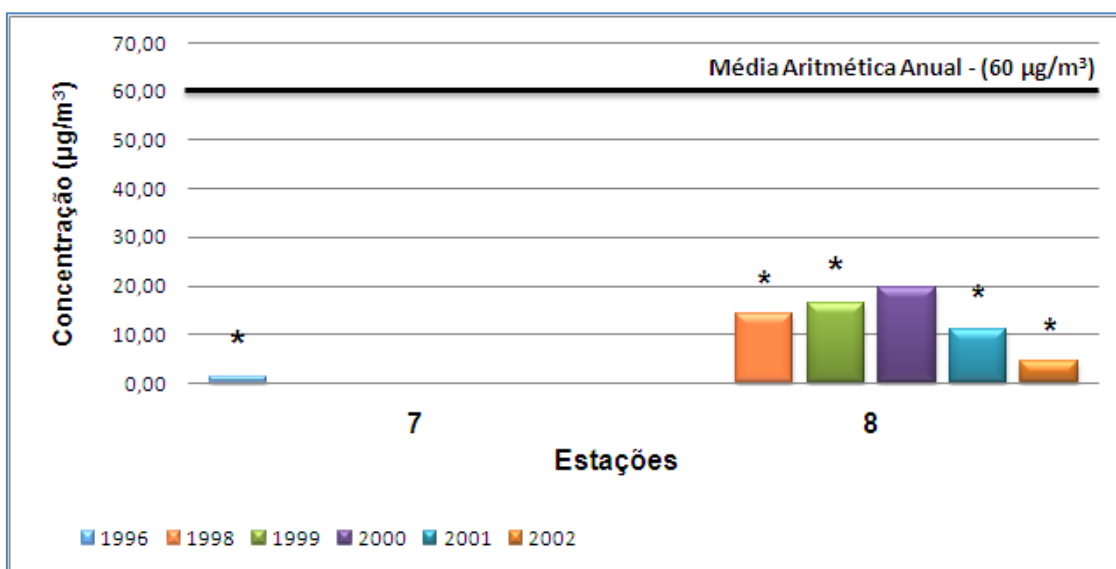


Figura 4 – Concentrações médias anuais de PI para as estações monitoradas na região sul de Santa Catarina entre os anos de 1996 e 2002.

Dentre os anos monitorados nenhum deles ultrapassou a média anual, ficando muito abaixo do padrão primário para concentrações médias anuais estabelecidas pela Resolução CONAMA N° 003 de 1990 ($60\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ao verificar os laudos técnicos, verificou-se que as concentrações diárias também não ultrapassaram o limite estabelecido pela legislação que é de $150\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Em se tratando de IQA, absolutamente todas as concentrações diárias indicaram boa qualidade do ar. Sendo que a máxima concentração obtida foi na Estação 8 (Terminal Central) no ano de 2000, cujo valor atingiu $72,24\mu\text{g}/\text{m}^3$, o equivalente a menos de 1/3 do limite máximo de emissão diária.

Apesar dos poucos dados obtidos para este parâmetro, podemos averiguar que tanto para a região do IPAT/UNESC quanto para o Terminal Central, ambas as estações apresentaram boa qualidade, sem apresentar riscos a população em geral. Vale ressaltar que para uma análise crítica mais detalhada, o monitoramento deveria seguir certa regularidade nas coletas.

4. CONCLUSÕES

A presente pesquisa propôs a avaliação das concentrações dos poluentes atmosféricos (dióxido de enxofre - SO_2 , partículas totais em suspensão - PTS, partículas inaláveis - PI e fumaça - FMC), monitorados durante o período de 1993 a 2009, nos municípios de Criciúma, Morro da Fumaça, Sangão e Tubarão, situados na região sul de Santa Catarina.

As médias das concentrações anuais apresentaram desconformidade com o padrão estabelecido pela legislação em três dos quatro poluentes analisados, sendo que apenas a fumaça manteve-se dentro dos limites de emissão para todos os monitoramentos realizados.

No município de Criciúma os poluentes amostrados foram FMC, SO_2 e PTS, cujas estações estavam dispostas nos bairro Centro, Boa Vista e Quarta Linha.

A fumaça foi analisada em 2 pontos distintos da cidade. As concentrações diárias nas 2 estações se mantiveram significativamente abaixo do limite estabelecido

pela legislação vigente e em relação ao IQA, em sua grande maioria, apresentaram qualidade boa, não proporcionando risco à população.

O dióxido de enxofre foi o poluente que apresentou maiores concentrações na região do centro de Criciúma. Não diferentemente, o PTS apresentou médias anuais abaixo do padrão estipulado pela legislação vigente ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) na maioria dos pontos monitorados. Houve ultrapassagem apenas em 2 estações da cidade.

No município de Morro da Fumaça foi verificado o maior número de não conformidades tanto para médias diárias quanto para concentrações anuais. Nesta cidade foram monitorados SO_2 , PTS e PI. O PTS apresentou 8 anos com ultrapassagem do LME.

No município de Tubarão foram monitorados SO_2 e PTS nos anos de 1994 e 1995. O dióxido de enxofre manteve-se dentro dos padrões anual e diário. O poluente que mais ofereceu preocupação em Tubarão foi o PTS, o qual atingiu nível de alerta dos episódios agudos de poluição do ar. O nível de alerta caracteriza a pior das concentrações de poluentes presentes em todo o trabalho.

Em Sangão as partículas analisadas foram SO_2 , PTS e PI. Ao contrário das outras cidades onde as piores concentrações foram PTS e SO_2 , dessa vez PI se mostrou com resultados mais preocupantes para esta cidade.

Os resultados obtidos neste trabalho apresentaram que a qualidade do ar na região apresenta maiores concentrações relacionadas às partículas totais em suspensão, porém foi verificado muitas falhas na grade de concentrações relativas a dias onde o trabalho não foi realizado.

Desta forma, recomenda-se que novos programas de monitoramentos sejam realizados de forma contínua, sem interrupções, repondo os dias em que não foi possível a realização das coletas o mais breve possível. Ainda, sugere-se que os pontos de coleta sejam fixados, não havendo alterações de locais durante o programa, e que os dados obtidos durante o monitoramento sejam divulgados em boletins periódicos ao público em geral, possibilitando um maior acompanhamento da população em relação a real qualidade do ar na região.

5. REFERÊNCIAS

AIR NOW. Air Quality Index (AQI) - A Guide to Air Quality and Your Health. Durham (NC); 2010. Disponível em: <<http://www.airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi>> Acesso em 15 de maio de 2010.

ALEXANDRE, Nadja Zim et al. **Fontes de Poluição do Município de Criciúma/SC**. Porto Alegre: CPRM, 1995. 53 p.

BAIRD, Collin; **Química Ambiental**. 2.ed. Porto Alegre - RS: Bookman, 2002. 622 p.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução À Engenharia Ambiental**. São Paulo – SP: Prentice Hall, 2002. 305 p.

BRANCO, Samuel Murgel; MURGEL, Eduardo. **Poluição do Ar**. 2.ed. São Paulo – SP: Editora Moderna, 1995. 87 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº. 005**, de 15 de junho de 1989. “Institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar”. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res89/res0589.html>>. Acesso em 11 de março de 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº. 003**, de 28 de junho de 1990a. “Amplia o número de poluentes atmosféricos passíveis de monitoramento e controle no País e estabelece novos padrões de qualidade do ar” Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>>. Acesso em 11 de março de 2010.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2008**. São Paulo - SP; 2009. 340 p. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/publicacoes.asp>>. Acesso em 10 de fevereiro de 2010.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Padrões e Índices**. São Paulo; 2010. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_indice_padroes.asp>. Acesso em 13 de fevereiro de 2010.

DERISIO, José C. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental**. 2.ed. São Paulo: Signus Editora, 2000. 164 p.

MORRO DA FUMAÇA, PREFEITURA MUNICIPAL. **Aspectos Econômicos**. 2010 Disponível em: <<http://www.morrodafumaca.sc.gov.br/conteudo/?item=19925&fa=11210>>. Acesso em 10 de maio de 2010.

ROCHA, Julio César; ROSA, André Henrique; CARDOSO, Arnaldo Alves. **Introdução à Química Ambiental**. Porto Alegre - RS: Bookman, 2004. 154p.

Tecnologia e Ambiente

Unesc - Criciúma - Santa Catarina

SANTA CATARINA. **DECRETO nº. 14.250**, de 05 de junho de 1981. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/cepsul/legislacao.php?id_arq=335>. Acesso em 07 de abril de 2010.

SANTA CATARINA. **DECRETO nº. 14.765**, de 13 de abril de 2009. Disponível em: <www.sc.gov.br/downloads/Lei_14675.pdf>. Acesso em 25 de junho de 2010.

ZURITA, Manuel Luiz Leite; TOLFO, Alessandra Moschem. **A qualidade do ar em Porto Alegre**. Porto Alegre: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2000. 92 p.